



⑮ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 13 254 A 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
G 02 F 1/11

②① Aktenzeichen: 197 13 254.5
②② Anmeldetag: 29. 3. 97
④③ Offenlegungstag: 8. 10. 98

DE 197 13 254 A 1

⑦① Anmelder:

IFU GmbH Privates Institut für Umweltanalysen,
09557 Flöha, DE

⑦② Erfinder:

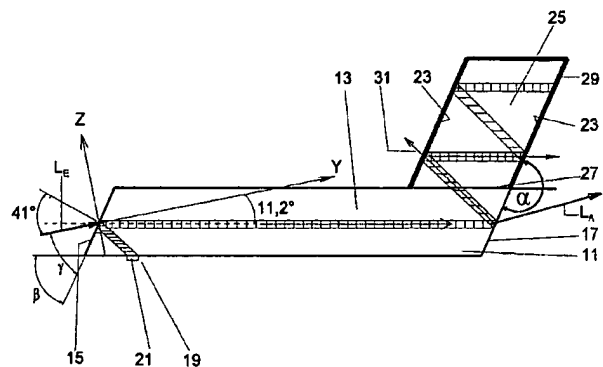
Shogun, Vladimir N., Dr., Mendeleevo, RU;
Kalliniko, Jurj K., Mendeleevo, RU; Vizen, Felix L.,
Dr., Mendeleevo, RU; Magomedov, Zainutdin A.,
Mendeleevo, RU

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Akusto-optische Filter

⑤⑦ Die Erfindung betrifft einen akusto-optischen Filter, welcher minimale durch eine mehrfache Reflexion der akustischen Wellen im akusto-optischen Kristall hervorgerufene Verzerrungen der Übertragungsfunktion besitzt. Der akusto-optische Filter besitzt einen Kristall (13) mit einem Kristallfortsatz (25) als Auffangeinrichtung für die störenden akustischen Wellen. In diesen werden die akustischen Wellen nach dem Durchlauf durch den Kristall (13) hineingeleitet. Als Ergebnis werden die akustischen Wellen, welche in die Auffangeinrichtung fallen, in ihr aufgrund einer mehrfachen Reflexion an den Grenzflächen absorbiert. Auf den Grenzflächen (23) der Auffangeinrichtung ist akustisches Absorbermaterial (29) aufgebracht. Das innerhalb der Auffangeinrichtung in Form des Kristallfortsatzes (25) vorhandene Kristallvolumen nimmt nicht an der akusto-optischen Wechselwirkung teil. Somit sind die innerhalb der Auffangeinrichtung bis zur völligen Absorption laufenden akustischen Wellen nicht in der Lage, die Übertragungsfunktion des akusto-optischen Filters zu stören.



DE 197 13 254 A 1

Die Erfindung betrifft einen akusto-optischen Filter nach dem Oberbegriff des ersten Patentanspruchs.

Akusto-optische Filter bestehen aus doppelbrechenden optischen Materialien. Unter bestimmten Bedingungen kann sich der Lichtstrahl je nach Polarisationsrichtung als ordentlicher oder außerordentlicher Strahl ausbreiten. Wird zusätzlich eine akustische Welle in dem Kristall zur Ausbreitung gebracht, wechselwirkt diese mit dem Licht und führt damit zu einer Polarisationsdrehung bzw. Ablenkung des Lichtes. Man kann es nun so einrichten, daß nur bestimmte Wellenlängen von dieser Änderung der Lichtausbreitung betroffen sind. Das wird ausgenutzt, um durchstimbare schmalbandige optischer Filter zu bauen, in welchen die durchgelassene Wellenlänge durch die Auswahl der Frequenz der akustischen Welle erfolgt. Im ultravioletten, sichtbaren und infraroten Spektralbereich werden in solchen Filtern gewöhnlicherweise kollineare, sich ausbreitende akustische und optische Strahlen, benutzt. Allerdings sind auch Filter bekannt, in welchen sich die akustischen Wellen im akustischen Medium nicht kollinear ausbreiten. Typische Beispiele für kollineare und nicht kollineare akusto-optische Filter werden in US 3.756.689, US 3.688.222 und SU 1550464 beschrieben.

Akusto-optische durchstimbare Filter werden in analytischen Geräten für viele industrielle Anwendungen genutzt sowie zur Durchführung verschiedener wissenschaftlicher Untersuchungen. Als Beispiel einer Anordnung, in welcher ein akusto-optischer Filter genutzt wird, kann das optische Spektrometer, welches im Patent SU 1707484 beschrieben ist, angenommen werden. In akusto-optischen durchstimbaren Filtern existiert eine Wechselwirkung zwischen der Schallwelle mit dem Licht im Kristall eines bestimmten Typs und einer bestimmten Orientierung. Die Besonderheit der Wechselwirkung besteht darin, daß die Schallwellen einer gegebenen Wellenlänge mit dem Licht einer ebenfalls vorgegebenen Wellenlänge in Wechselwirkung treten. Dabei sind die jeweiligen Ausbreitungsrichtungen und die Orientierung des Kristalles von Bedeutung. Die Schallwellen erhält man durch einen an den Kristall angebrachten elektromechanischen Wandler, üblicherweise aus Piezomaterial, der mit einer gegebenen Frequenz elektrisch angeregt wird. Trifft nun auf den akusto-optischen durchstimbaren Filter ein Licht von einer breitbandigen Lichtquelle, so wird nur ein schmales Wellenlängenintervall des Lichtes, das der gegebenen Frequenz entspricht, an der Wechselwirkung teilnehmen. Die akustischen Wellen, die durch den Kristall laufen, treffen auf die dem Wandler gegenüberliegende Grenzfläche und werden in den Kristall reflektiert. Hierbei kann sich die Ausbreitungsrichtung jedoch bereits von der gewünschten Richtung unterscheiden. Laufen die akustischen Wellen nun ein zweites Mal bzw. mehrfach durch den Kristall, so können sie entsprechend oft eine Wechselwirkung mit dem Licht eingehen. Oft ist es jedoch dann der Fall, daß sich durch die Mehrfachausbreitung der Schallwelle unter nicht beabsichtigten Richtungen zusätzliche, unerwünschte spektrale Durchlaßfenster in der Übertragungsfunktion des akusto-optischen Filters auf tun. Es sind eine Reihe Versuche bekannt, die reflektierten akustischen Wellen zu unterdrücken. So beschreiben die US 3.756.689 sowie das Patent SU 1550464, wie durch Auftragen eines akustischen Absorbers auf die Grenzfläche des Kristalles eine Unterdrückung durchgeführt wird. Es muß allerdings festgestellt werden, daß aufgrund der Unterschiedlichkeit der akustischen Impedanzen des Kristalls und des akustischen Absorbers keine vollständige Unterdrückung möglich ist, so daß immer noch zusätzliche unerwünschte spektrale Fenster auftreten, da die akustischen Wellen nicht vollständig unterdrückt werden,

also ein Teil von ihnen in den Kristall reflektiert wird. In üblichen durchstimbaren akusto-optischen Filtern ist auf der zweiten akustischen Grenzfläche der akustische Absorber aufgetragen. Aufgrund der nicht vollständigen Absorption der akustischen Wellen in dem Absorber werden die auf die zweite Grenzfläche auftretenden akustischen Wellen teilweise zurück in den Kristall reflektiert. Dort findet eine mehrfache Reflexion von den Grenzflächen des Kristalls statt. Darunter auch mit einer möglichen Umwandlung des Wellentyps, was zu einer zusätzlichen akusto-optischen Wechselwirkung führt. Dadurch kommt es zu einer Verzerrung der Übertragungsfunktion des Filters aufgrund des Auftretens von unerwünschten zusätzlichen Spektralfenstern.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, einen akusto-optischen Filter zu entwickeln, der den Einfluß der reflektierten akustischen Wellen auf die Übertragungsfunktion des mit einfachem akustischen Absorber ausgestatteten Filters minimiert und somit die optischen Parameter verbessert. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit den kennzeichnenden Merkmalen des ersten Patentanspruchs und den weiteren Merkmalen in den Unteransprüchen gelöst. Dabei findet ein optisch bearbeiteter Kristall Anwendung, der eine optische Eingangs- und Ausgangsgrenzfläche besitzt. Unter einen bestimmten Winkel zur optischen Achse läuft die optische Welle hindurch. Auf dem Kristall befindet sich ein akustischer Wandler auf der ersten akustischen Grenzfläche, der eine akustische Welle in den Kristall sendet, die letztendlich ebenfalls quasiparallel zum Licht durch den Kristall hindurchläuft. Zwischen beiden Wellen kommt es zu Wechselwirkungen, danach treffen beide Wellen auf die optische Ausgangsgrenzfläche. Die optische Welle verläßt den Kristall; die akustische Welle wird reflektiert. Der optische Kristall besitzt nun erfindungsgemäß einen Kristallfortsatz, dessen erste Seitenfläche die Fortsetzung der optischen Ausgangsgrenzfläche unter dem Winkel α ist. Dabei kann der Winkel α Werte im Bereich zwischen 250° und 10° annehmen. Der Kristallfortsatz besetzt mit dem optischen Kristall eine gedachte Ansatzfläche. Die Schallwelle wird nun an der optischen Ausgangsgrenzfläche so reflektiert, daß sie durch die gedachte Ansatzfläche des Kristalls durchtritt, in den Kristallfortsatz hineinläuft und auf eine weitere Seitenfläche des Kristallfortsatzes trifft.

Sinnvollerweise erfolgt die weitere Reflexion derart, daß die Schallwelle jeweils an den Seitenflächen des Kristallfortsatzes mehrmals reflektiert wird und sie dabei erst nach möglichst vielen Reflexionen an den Seitenwänden des Kristallfortsatzes die gedachte Ansatzfläche wieder durchtreten kann. Der Kristallfortsatz ist sinnvollerweise mit Absorbermaterial versehen. Die akustische Welle wird nun bei jeder Reflexion geschwächt, so daß nach vielfacher Reflexion nur noch ein unbedeutender Anteil in den Kristall durch die gedachte Ansatzfläche zurückfindet.

Der Kristallfortsatz kann in Form eines Parallelepiped ausgeführt sein, wobei dessen eine Außenfläche die Fortsetzung der optischen Ausgangsgrenzfläche ist des Kristalls ist.

Der optisch bearbeitete Kristall kann beispielsweise aus Quarz ausgeführt sein. Die erste akustische Grenzfläche liegt parallel zur X-Achse und der Gruppengeschwindigkeit der Scherwelle. Die optische Eingangsgrenzfläche nimmt mit der ersten akustischen Grenzfläche einen Winkel von β ein; die optische Ausgangsgrenzfläche liegt parallel zur Eingangsgrenzfläche.

Hinter der optischen Ausgangsgrenzfläche kann sich eine Optik und ein optoelektronischer Wandler befinden. Die durchgehende Lichtwelle kann auch umgekehrt gerichtet sein, daß heißt, das Licht tritt durch die optische Ausgangsgrenzfläche in den Kristall ein; durchläuft ihn und tritt über

die Eingangsgrenzfläche aus.

Diese neue Konfiguration gestattet die fast völlige Absorption der vom Wandler ausgesandten akustischen Wellen aufgrund ihrer Einspeisung in den Kristallfortsatz und der mehrfachen Reflexion an seinen Wänden, wobei bei jeder Reflexion ein bedeutender Anteil der noch vorhandenen Intensität der akustischen Wellen absorbiert wird. Somit wird eine Übertragungsfunktion des Filters realisiert, die ausschließlich aufgrund der ersten Wechselwirkung zwischen der optischen und der akustischen Wellen zustande kommt. Die reflektierten akustischen Wellen haben keinen Einfluß mehr auf diese Übertragungsfunktion. Damit wird die Übertragungsfunktion von störenden Nebenfunktionen befreit. Es verbessern sich die spektrale Auflösung, es verringert sich die Bandbreite des Filters. Außerdem verringert sich die Verzerrung bei der Übertragung von optischen Abbildungen.

Die Erfindung wird nachfolgend an einem Ausführungsbeispiel und einer zugehörigen Zeichnung mit einer vergrößerten nicht maßstabgetreuen Darstellung des akusto-optischen Filters näher erläutert.

In der Abbildung ist der akusto-optische durchstimmbare Filter 11 dargestellt, welcher den Kristall 13 mit der optischen Eingangsgrenzfläche 15 sowie der optischen Ausgangsgrenzfläche 17 enthält. Weiterhin enthält der Filter die erste akustische Grenzfläche 19, mit welcher der akustische Wandler 21 verbunden ist, die gedachte Fortsetzung der optischen Ausgangsgrenzfläche 17, den Kristallfortsatz 25 mit der gedachten Ansatzfläche 27 und mit dem aufgebrachten akustischen Absorber 29. Der akustische Wandler 21 ist mit der akustischen Grenzflächen 19 des Kristalls 13 verbunden und besitzt bekannterweise ein kristallines Blättchen aus Piezomaterial, welches mit dem Kristall 13 mit Hilfe eines Klebers verbunden ist. Auf beiden Seiten des akustischen Wandlers 21 aus Piezomaterial sind leitende Elektroden aufgetragen.

Der optisch bearbeitete Kristall 13 kann beispielsweise aus Quarz ausgeführt sein. Die erste akustische Grenzfläche 19 liegt parallel zur X-Achse. Die Lage der weiteren optischen Achsen Y und Z sind abhängig von der Art des verwendeten Kristalls und der Gruppengeschwindigkeit der Scherwelle. Die optische Eingangsgrenzfläche 15 nimmt mit der ersten akustischen Grenzfläche 19 in dargestellten Ausführungsbeispiel einen Winkel β in der Größenordnung von 64 Grad ein; die optische Ausgangsgrenzfläche 17 liegt parallel zur Eingangsgrenzfläche 15. Die optische Eingangsgrenzfläche 15 ist zum Einfallstrahl L_E des Lichtes unter einem Winkel γ geneigt, der sehr nahe zum Brewsterwinkel liegt, so daß es zu einer Verringerung der Reflexionsverluste kommt. Bei Anregung des Wandlers 21 werden die in den Kristall 13 ausgestrahlten akustischen Wellen von der optischen Grenzfläche 15 reflektiert und breiten sich längs des optischen Strahles aus, treten mit dem Licht in Wechselwirkung beim Durchgang durch den Kristall 13. Der Ausfallstrahl L_A tritt an der Ausgangsgrenzfläche 17 aus dem opto-akustischen Filter aus. Die akustischen Wellen, die die optische Ausgangsgrenzfläche 17 erreichen, werden von ihr reflektiert und fallen über die gedachte Ansatzfläche 27 entlang des Zeigers der Ausbreitungsrichtung 31 in den Kristallfortsatz 25. In Letzterem wird eine Mehrfachreflexion der akustischen Wellen an den Seitenflächen 23 vollzogen. Die Seitenflächen sind mit akustischem Absorbermaterial 29 beschichtet. Bei jedem solchen Reflexionsakt werden die akustischen Wellen wesentlich absorbiert, so daß sie nach mehrfacher Reflexion fast völlig ausgelöscht sind und aus dem Kristallfortsatz 25 nicht wieder heraustreten können und somit auch nicht mehr an der akusto-optischen Wechselwirkung im Kristall 13 teilnehmen.

Der Winkel α zwischen der optischen Ausgangsgrenzfläche 17 und der sich daran anschließenden Seitenfläche 23 des Kristallfortsatzes 25 beträgt im dargestellten Ausführungsbeispiel 180°.

Je nach der Art des verwendeten Kristalls können auch andere Winkel α , β , γ zum Einsatz kommen.

Die Anordnung kann auch so benutzt werden, daß der Lichtstrahl auf die optische Ausgangsgrenzfläche 17 trifft, durch den Kristall 13 hindurch geht und über die optische Eingangsgrenzfläche 15 aus dem Kristall 13 austritt.

Der Kristallfortsatz 25 des erfindungsgemäßen akusto-optischen Filters dient als Auffangeinrichtung für die störenden akustischen Wellen. In diesem werden die akustischen Wellen nach dem Durchlauf durch den Kristall 13 hinein geleitet. Als Ergebnis werden die akustischen Wellen, welche in die Auffangeinrichtung in Form des Kristallfortsatzes 25 fallen, in dieser aufgrund einer mehrfachen Reflexion an den Grenzflächen absorbiert. Das innerhalb der Auffangeinrichtung in Form des Kristallfortsatzes 25 vorhandene Kristallvolumen nimmt daher nicht an der akusto-optischen Wechselwirkung teil. Somit sind die innerhalb der Auffangeinrichtung (Kristallfortsatz) bis zur völligen Absorption laufenden akustischen Wellen nicht in der Lage, die Übertragungsfunktion des akusto-optischen Filters zu stören.

Patentansprüche

1. Akusto-optischer Filter, der aus einem optisch bearbeiteten Kristall mit optische Eingangs- und Ausgangsgrenzflächen (15, 17) besteht, durch welche unter einem bestimmten Winkel zur optischen Achse das Licht durchgeht, der eine erste akustische Grenzfläche (19) besitzt, mit der ein akustischer Wandler (21) verbunden ist, der akustische Wellen, die letztendlich quasiparallel zum Licht durch den Kristall (13) hindurchlaufen, in den Kristall aussendet, daß es im Kristall (13) zwischen den zur optischen Achse quasiparallel durchlaufenden optischen und akustischen Wellen zur Wechselwirkung kommt, daß die optischen und akustischen Wellen auf die optische Ausgangsgrenzfläche (17) treffen, wo die optische Welle den Kristall (13) verläßt, daß die optische Ausgangsgrenzfläche (17) gleichzeitig eine weitere akustische Reflexionsgrenzfläche darstellt, **dadurch gekennzeichnet**, daß sich an den Kristall (13) mindestens ein Kristallfortsatz (25) anschließt, dessen erste Seitenfläche (23) die Fortsetzung der optischen Ausgangsgrenzfläche (17) unter dem Winkel (α) ist, der mit dem optisch bearbeiteten Kristall (13) eine gedachte gemeinsame Ansatzfläche (27) besitzt, so daß der Zeiger der Ausbreitungsrichtung einer gedachten, entlang der optischen Achse sich ausbreitenden und an der optischen Ausgangsgrenzfläche (17) gemäß dem für das entsprechende Kristallmaterial zutreffenden Reflexionsgesetz reflektierten Schallwelle die gedachte Ansatzfläche (27) des Kristallfortsatzes (25) mit dem Kristall (13) durchtritt und auf eine weitere Seitenfläche (23) des Kristallfortsatzes (25) zeigt.
2. Akusto-optischer Filter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Kristallfortsatz (25) ganz oder teilweise mit einem akustischen Absorbermaterial (29) belegt ist.
3. Akusto-optischer Filter nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Kristallfortsatz (25) in Form eines Parallelepipedes ausgeführt ist, wobei eine dessen Grenzflächen die optische Ausgangsgrenzfläche (17) ist.
4. Akusto-optischer Filter nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der optisch bear-

beitete Kristall (13) aus Quarz ausgeführt ist, daß die erste akustische Grenzfläche (19) parallel zur X-Achse und der Gruppengeschwindigkeit der Verschiebungswellen liegt, daß die optische Eingangsgrenzfläche (15) mit der ersten akustischen Grenzfläche (19) einen Winkel (β) von 64° einnimmt und die optische Ausgangsgrenzfläche (17) parallel zur Eingangsgrenzfläche (15) liegt.

5. Akusto-optischer Filter nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß sich hinter der optischen Ausgangsgrenzfläche (17) eine Optik und eine Detektor, bestehend aus opto-elektronischen Wandlern, befindet.

6. Akusto-optischer Filter nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Kristallfortsatz (25) so gestaltet ist, daß der Zeiger der gedachten Ausbreitungsrichtung des an der weiteren Seitenfläche (23) des Kristallfortsatzes (25) wiederum nach dem Reflexionsgesetz reflektierten Schallwelle wiederholt auf eine Seitenfläche (23) des Kristallfortsatzes (25) zeigt und nicht die gedachte Ansatzfläche (27) durchläuft.

7. Akusto-optischer Filter nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der optische Strahl den Kristall (13) entgegengesetzt durchläuft und somit optische Ein- und Ausgangsflächen vertauscht sind.

8. Akusto-optischer Filter nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkel (α) Werte zwischen 250° und 10° annehmen kann.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

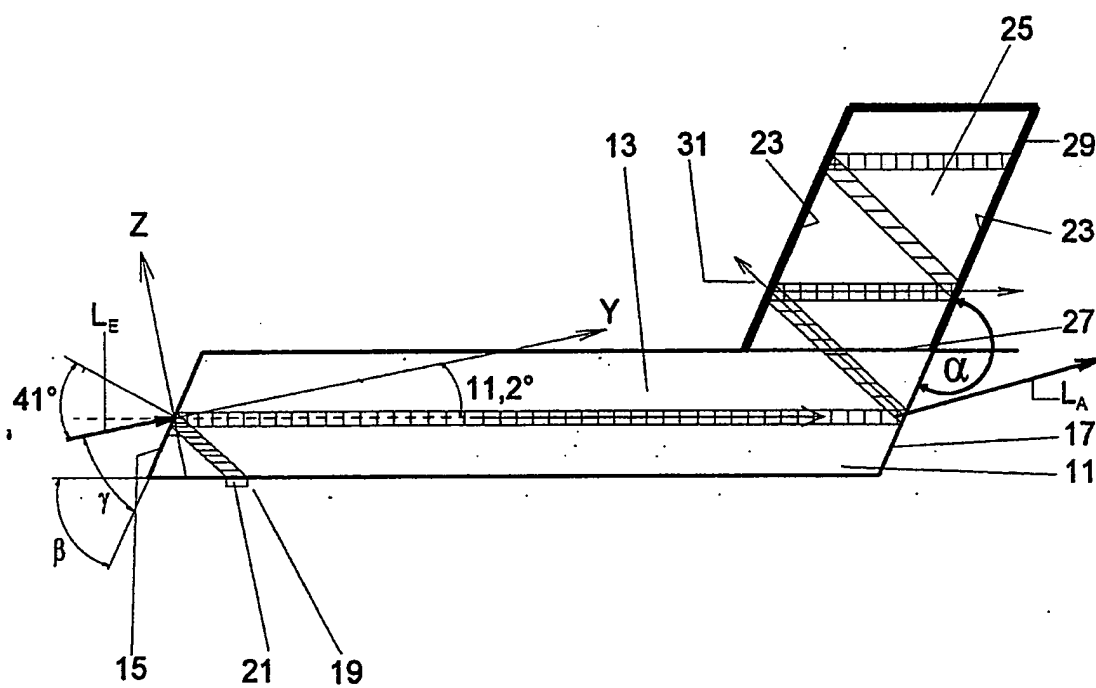
55

60

65

- Leerseite -

THIS PAGE BLANK (USPTO)



Acousto-optical filter for optical spectrometer

Patent Number: DE19713254
Publication date: 1998-10-08
Inventor(s): MAGOMEDOV ZAINUTDIN A (RU); KALLINIKO JURJ K (RU); SHOGUN VLADIMIR N DR (RU); VIZEN FELIX L DR (RU)
Applicant(s): IFU GMBH (DE)
Requested Patent: ☒ DE19713254
Application Number: DE19971013254 19970329
Priority Number(s): DE19971013254 19970329
IPC Classification: G02F1/11
EC Classification: G02F1/11F
Equivalents:

Abstract

The filter uses an optical crystal (13) with entry and exit surfaces (15,17) at a given angle to the light direction and an acoustic surface (19) coupled to an acoustic transducer (21) providing acoustic waves which interact with the optical waves within the crystal. The crystal has an extension (25) continuous with the exit surface, so that the acoustic waves reflected from the latter are directed along the extension by successive reflection from its opposing surfaces.

Data supplied from the esp@cenet database - I2